

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra výrobních strojů a konstruování

Návrh postřikovače

Design of Spraying Machine

Student:

Rostislav Kurial

Vedoucí bakalářské práce:

Dr. Ing. Jaroslav Melecký

Ostrava 2015

## Zadání bakalářské práce

Student:

**Rostislav Kurial**

Studijní program:

B2341 Strojírenství

Studijní obor:

2302R010 Konstrukce strojů a zařízení

Specializace:

21 Konstrukce výrobních strojů a zařízení

Téma:

Návrh postřikovače  
Design of Spraying Machine

Zásady pro vypracování:

Zpracujte konstrukční návrh postřikovače pro práci ve vinohradu.

V rámci řešení bakalářské práce dále proveďte:

- analýzu a řešení dané problematiky
- princip činnosti postřikovače, důvody a možnosti jeho použití
- variantní návrhy řešení celého zařízení
- volbu vhodné varianty řešení s odůvodněním
- konstrukční návrhy jednotlivých uzlů (podvozek, rám, nádoba atd.)
- kontrolní výpočty metodou MKP
- zpracujte příslušnou výkresovou dokumentaci

Bližší specifikace nutných technických údajů a požadavků bude upřesněna v průběhu řešení bakalářské práce.

Seznam doporučené odborné literatury:

- JEŘÁBEK, K. *Metodika navrhování strojů*. 1.vyd. Praha, Ediční středisko ČVUT Praha, 1999. 119 s.
- SERENSEN, S. V., KOGAJEV, V. P., ŠNEJDEROVIČ, R.M. *Únosnost a pevnostní výpočty strojních součástí*. Praha, SNTL, 1967.
- ČÁSENSKÝ, M. *Metodika konstruování*. 1. vyd. Praha, Ediční středisko ČVUT Praha, 1990. 122 s.
- LEINVEBER, J., VÁVRA, P. *Strojnické tabulky* (4. přepracované vydání). Úvaly, 2008, ALBRA – pedagogické nakladatelství. 914 s. ISBN 978-80-7361-051-7.
- MYNÁŘ, V. A KOL. *Části strojů*. VŠB-TU Ostrava, 1978. 398 s.
- ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha, Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.
- ČSN ISO 690 *Bibliografické citace*. Obsah, forma a struktura. Praha, Český normalizační institut, 1996. 32 s.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Dr.Ing. Jaroslav Melecký**

Datum zadání: 13.12.2014

Datum odevzdání: 18.05.2015



---

doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář  
vedoucí katedry



---

doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

Místo přísežné prohlášení

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě: 18.5.2015



.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.

- беру на вѣдомі, же Высoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou (bakalářskou) práci užít (§ 35 odst. 3).

- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.

- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.

- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

- беру на вѣдомі, же оdevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 18.5.2015



.....  
podpis

Rostislav Kurial

Obránců Míru 10, Břeclav 6

**Poděkování:**

Tímto bych rád poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce Dr. Ing. Jaroslavu Meleckému za vedení a informace při zpracování dané problematiky.

## **Anotace bakalářské práce**

KURIAL, R: Návrh postřikovače. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování – 340, 2015, 40s. Bakalářská práce, vedoucí práce: Dr. Ing. Jaroslav Melecký.

Bakalářská práce se zabývá konstrukčním návrhem postřikovače pro práci ve vinici. V úvodu práce se zabývám rešerší dané problematiky, dostupnou technikou na trhu a rozбором jednotlivých částí postřikovače. Druhá část práce je věnována samotnému návrhu postřikovače. V závěru práce je provedena pevnostní analýza nosného rámu pomocí metody konečných prvků. Součástí práce je také výkresová dokumentace nosného rámu.

## **Annotation of Bachelor Thesis**

KURIAL, R: Design of Spraying Machine. Ostrava: VŠB – Technical University Ostrava, Faculty of Mechanics Engineering, Department of Production Machines and Design – 340, 2015, 40 s., Bachelor Thesis, Thesis head: Dr. Ing. Jaroslav Melecký.

This diploma thesis deals with the construction design of spraying machine for application in vineyard. The first part carries out a reserch of given problems, it deals with technology available on the market and analysis individual parts of the spraying machine. The second part of the thesis is dedicated to the very design of the machine. The last part of this diploma thesis accomplishes the strength analysis of the supporting frame using the FEM. Drawing documentation of the supporting frame is also a part of this thesis.

# Obsah bakalářské práce

<b>Seznam použitých značek .....</b>	<b>10</b>
<b>Úvod .....</b>	<b>11</b>
<b>1. Cíl bakalářské práce .....</b>	<b>11</b>
<b>2. Rešerše a analýza dané problematiky .....</b>	<b>12</b>
2.1 Základní konstrukční typy rosičů .....	12
2.1.1 Zádové motorové postřikovače .....	12
2.1.2 Nesené traktorové postřikovače .....	13
2.1.3 Návěsné traktorové postřikovače .....	13
2.1.4 Samojízdné postřikovače .....	14
2.1.5 Multifunkční nosiče s adaptérem pro chemickou ochranu .....	15
.....	15
2.2 Vývoj strojů pro chemickou ochranu vinic .....	15
2.2.1 Tunelový postřikovač .....	16
2.2.2 Postřikovač s elektrostatickým nabíjením kapek .....	16
<b>3. Základní části postřikovače .....</b>	<b>17</b>
3.1 Nosný rám .....	17
3.2 Ventilátor .....	17
3.3 Zásobní nádrž na chemický postřik .....	18
3.4 Čerpadlo .....	19
3.5 Rozptylovače - trysky .....	20
3.6 Filtrace .....	21
3.7 Pohon čerpadla a ventilátoru .....	21
<b>4. Vlastní konstrukční návrh postřikovače .....</b>	<b>22</b>
4.1 Návrh možných řešení (morfologická matice) .....	22
4.1 Nosný rám .....	23
4.3 Návrh ventilátoru .....	24
4.3.1 Výpočet minimální výkonnosti ventilátoru .....	24
4.3.2 Usměrnovací clony .....	25
4.4 Zásobní nádrž .....	25
.....	25
4.3 Návrh rozptylovačů- trysek .....	26
4.3.1 Výpočet vhodných trysek .....	26
4.3.2 Návrh těla rozptylovače .....	27
4.4 Čerpadlo .....	28



4.5 Zavěšení za traktor .....	29
4.6 Regulace kapaliny .....	29
4.7 Filtrace kapaliny .....	30
4.8 Návrh kol .....	31
4.9 Bezpečnostní zásady při práci s postřikovačem .....	32
4.10 Celkový 3D návrh postřikovače .....	33
.....	<b>33</b>
<b>5. Simulace zatížení nosného rámu .....</b>	<b>34</b>
5.1 Výsledky pevnostní analýzy .....	35
<b>6. Závěr .....</b>	<b>37</b>
<b>7. Literatura .....</b>	<b>38</b>
<b>8. Seznam obrázků, tabulek a rovnic .....</b>	<b>39</b>
<b>9. Seznam příloh .....</b>	<b>41</b>

## Seznam použitých značek

ČSN		Česká státní norma
VŠB-TUO		Vysoká škola báňská- Technická univerzita Ostrava
MKP		Metoda konečných prvků
FEM		Finite Element Method
Q	$[l \cdot \min^{-1}]$	Dávka postřikové kapaliny
$v_p$	$[km \cdot h^{-1}]$	Pracovní rychlost soupravy
B	$[m]$	Záběr soupravy
i	$[-]$	Počet trysek na pracovním rámu
$q_{cs}$	$[l \cdot \min^{-1}]$	Celkový skutečný průtok všemi tryskami
$O_{VZ}$	$[m^3 \cdot h^{-1}]$	Potřeba vzduchu od ventilátoru
$h_k$	$[m]$	Výška révové stěny
p	$[MPa]$	Tlak
F	$[N]$	Síla
S	$[mm^2]$	Obsah plochy

## Úvod

Chemická ochrana vinic je významnou částí technologie pěstování vinic. Náklady na pěstování hroznů činí chemická ochrana vinice zhruba 30% celkových nákladů. Hlavní výhodou chemické ochrany je rychlost ochrany, možnost výběru přípravku proti dané chorobě a operativní přizpůsobení dávky a koncentrace přípravku. Vinice je nutné pravidelně kontrolovat a zapisovat konkrétní výskyt chorob a škůdců. Výskyt chorob a škůdců ve vinici závisí na počasí, odolnosti odrůd a umístění výsadby vinice. Úspěšnost ochranných zásahů závisí na termínu ošetření, správně zvolených chemických přípravcích a kvalitě aplikace. Na ochranu vinic se v dnešní době dodává široká škála přípravků. Nejvíce používané jsou pesticidy, které se podle biologické působnosti dělí na herbicidy (přípravky proti plevelům), insekticidy (přípravky proti škodlivému hmyzu), fungicidy (přípravky proti houbovým chorobám). Hlavní nevýhodou chemické ochrany vinic jsou nepříznivé účinky na přírodu a životní prostředí.

## 1. Cíl bakalářské práce

Cílem této bakalářské práce je konstrukční návrh postřikovače za malotraktor pro práci ve vinohradu. Postřikovač je určený pro menší vinaře, kteří mají rozlohu svých vinic do jednoho hektaru. Postřikovač bude konstruován pro vinice o parametrech: šířka sponu 2-2,5 m a výška listové stěny maximálně 2,2 m. V první části své práce se budu zabývat rešerší dané problematiky a poté popisem základních částí postřikovače. V druhé části bude vybráno nejlepší konstrukční řešení pro dané podmínky a samotný konstrukční návrh postřikovače. Poté bude provedena pevnostní analýza nosného rámu pomocí metody konečných prvků.

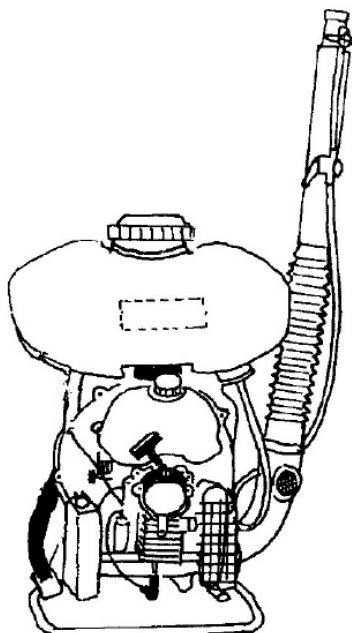
## 2. Rešerše a analýza dané problematiky

K ošetření révy se využívají k aplikaci chemických postřiků stroje, které se nazývají postřikovače. U těchto strojů se využívá jako zdroj vzduchu radiální nebo axiální ventilátor. Hlavními částmi postřikovače jsou zásobní nádrž na chemický postřik, která je upevněna na nosný rám, ventilátor s rozvodnými kanály, čerpadlo včetně rozvodů kapaliny (trysky, filtry, ventily), pohon čerpadla a ventilátoru je zajištěna většinou vývodovou hřídelí od traktoru nebo hydromotorem.

### 2.1 Základní konstrukční typy postřikovačů

#### 2.1.1 Zádové motorové postřikovače

Jedná se o postřikovače, které mají objem zásobní nádrže v rozmezí 12-20 litrů. Na zádových postřikovačích se používá radiální ventilátor. Do pohyblivé hubice je vháněn proud vzduchu a na konci hubice je umístěna dávkovací tryska. Chemická látka je přivedena z nádrže na plochu trysky a proud vzduchu strhává film kapaliny z trysky a rozptýlí ji na jemné kapky. Dále ručně usměřujeme proud vzduchu. Tento postřikovač je vhodný na menší výměry vinice a pro hobby zahrádkáře.

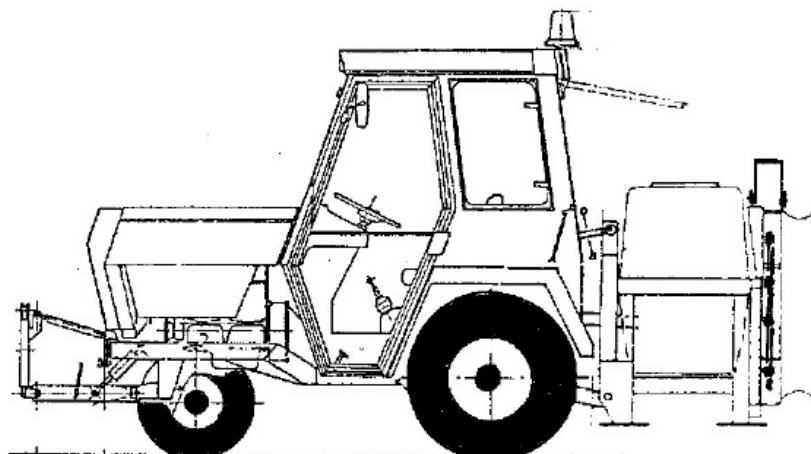


Obr. 2.1 Motorový zádový postřikovač [4]

### 2.1.2 Nesené traktorové postřikovače

Jsou to postřikovače s objemem zásobní nádrže od 100 do 600 litrů, u kterých můžeme najít mnoho různých provedení rozvodů proudu vzduchu a ventilátorů. Velikost zásobní nádrže je omezena především zvedací silou daného traktoru. Dalším problémem je posunutí těžiště celé soupravy. Na zadní části, tudíž nejdál od těžiště jsou umístěny nejtěžší části postřikovače a to jsou zásobní nádrž a ventilátor. Při posunu těžiště tak dojde ke snížení zatížení přední nápravy a traktory se poté musí složitě dovažovat.

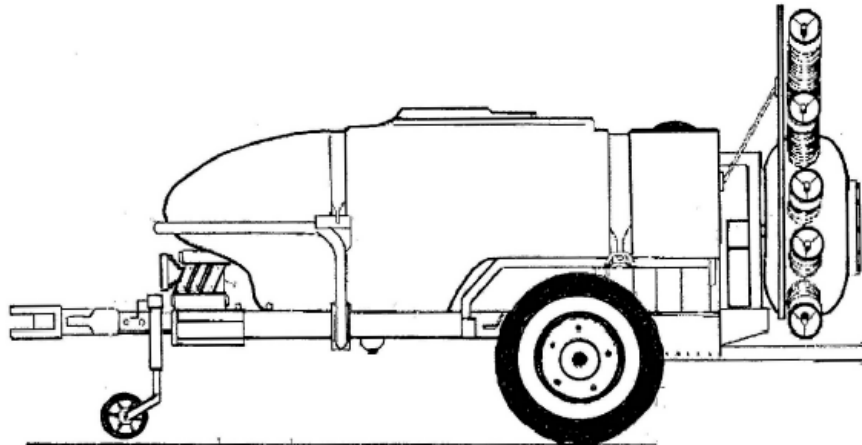
Velkou výhodou nesených postřikovačů je lehká manévrovatelnost při nájezdech do meziřadí. Proto se využívají ve vinicích s kratšími řádky a častou potřebou otáčení. Dále jsou vhodné do vinic, které mají šířku sponu kolem 2 metrů.



Obr. 2.2 Nesený traktorový postřikovač [4]

### 2.1.3 Návěsné traktorové postřikovače

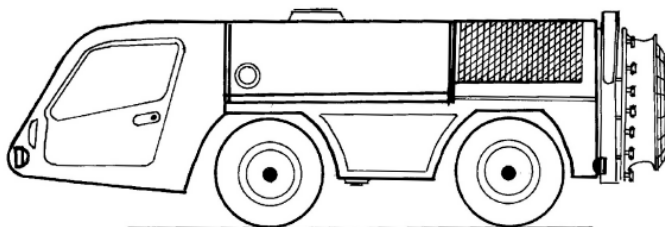
Jedná se o postřikovače o objemu zásobní nádrže od 200 do 2000 litrů. Díky většímu objemu zásobní nádrže návěsné postřikovače dosahují vyšších výkonů, mají dokonalejší dávkování postřikové kapaliny a proudění vzduchu. Postřikovače bývají umístěné na jedno nebo dvou nápravovém podvozku. Kvůli své celkové délce potřebují tyto stroje větší manévrovatelný prostor pro najíždění do meziřadí a otáčení na konci řádku. Tyto stroje se používají u vinic, které mají spon meziřadí větší jak 2 m.



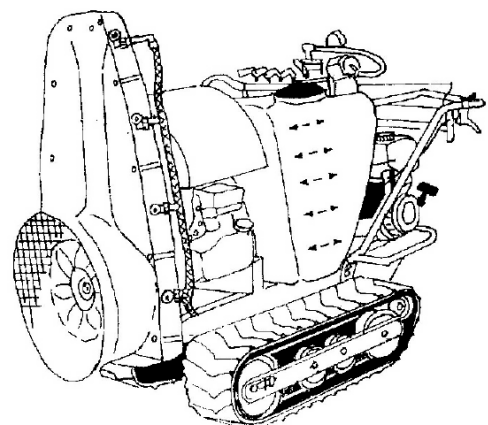
Obr. 2.3 Návěsný traktorový postřikovač [4]

### 2.1.4 Samojízdné postřikovače

Samojízdné postřikovače se v našich podmínkách příliš neuplatňují. Jsou to velmi výkonné stroje se zásobní nádrží nad 1000 litrů, které většinou ošetřují více meziřadí zároveň (2 – 3 řady). U těchto strojů se většinou využívá radiální ventilátor jako zdroj vzduchu. Stroje, které ošetřují více meziřadí zároveň, využívají více ventilátorů umístěných na aplikačním rámu. Mezi samojízdné stroje také patří i vedené stroje, které jsou vybaveny pásovým podvozkem a jsou využívány ve strmých svazích a v obtížných terénech.



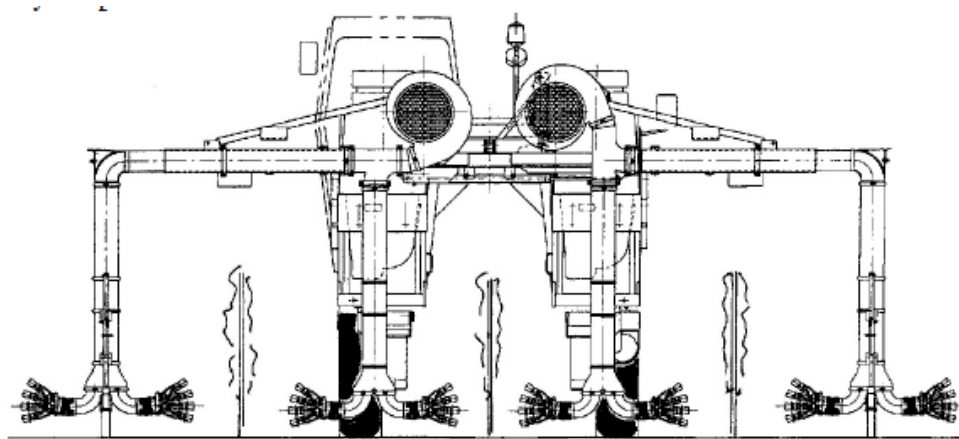
Obr. 2.4 Samojízdný postřikovač [4]



Obr. 2.5 Samojízdný vedený postřikovač na pásovém podvozku [4]

### 2.1.5 Multifunkční nosiče s adaptérem pro chemickou ochranu

Tyto stroje jsou nejmodernější technikou v ochraně vinic. Hlavním konstrukčním znakem je portálový rám, který je umístěný na čtyřkolovém podvozku a pohybuje se nad řádkami. Výhodou je, že se tyto stroje můžou využít a ve vinicích o úzkých sponech (1 – 1,3 m). Stroj je nejčastěji navržen jako čtyřřádkový se sklopným rámem. Velkou předností jsou velké zásobní nádrže o objemu 2x 1 000 – 1 500 litrů. Tyto postřikovače jsou velmi výkonné a za jednu směnu zvládnou ošetřit až 25-30 ha vinic. Klasická traktorová souprava zvládne ošetřit za jednu směnu 5 ha vinic, což znamená, že tyto stroje nahradí 5 – 6 traktorových souprav.



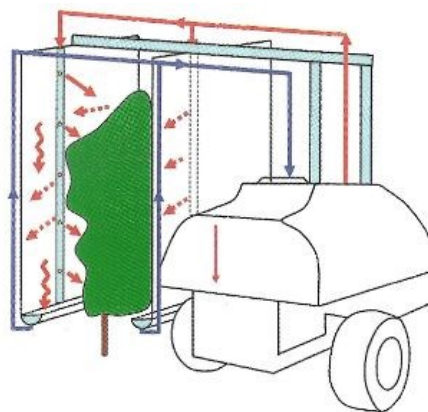
Obr. 2.6 Multifunkční postřikovač s adaptérem pro chemickou ochranu [4]

## 2.2 Vývoj strojů pro chemickou ochranu vinic

Při postřikování vinic dochází ke ztrátám postřikové kapaliny nezachycení postřikovanou stěnou nebo úletem. Ztráty jsou v době rašení až 60 – 65 %. S rostoucí listovou plochou pak ztráty klesnou na 20 – 30%. A proto jsou vyvíjeny nově systémy, které omezí ztráty a spotřebu postřikových kapalin. Tím se samozřejmě sníží náklady na chemické postřiky a šetří se tím i životní prostředí.

### 2.2.1 Tunelový postřikovač

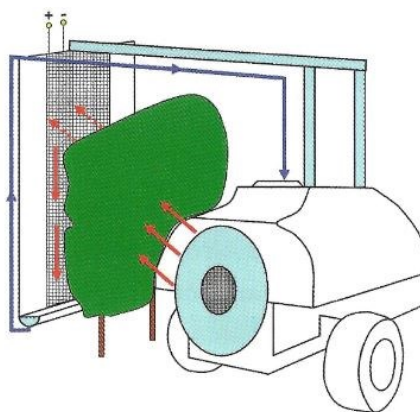
Postřik je dodáván na listovou stěnu bez pomoci vzduchu. Zařízení je tvořeno nosným rámem, který nese nad řádkem záchytný tunel. Jeho pracovní šířka a výška se nastavuje pomocí hydrauliky traktoru. Postřikovač je opatřen na přední a zadní straně pryžovými clonami. Postřiková kapalina, která se na porostu nezachytí, stéká po clonách do záchytného žlabu odkud je odčerpávána přes filtry čerpadlem zpět do nádrže.



Obr. 2.7 Schéma tunelového postřikovače [3]

### 2.2.2 Postřikovač s elektrostatickým nabíjením kapek

Je to postřikovač, který je vybavený ventilátorem a elektrodami, které usměrňují směr kapek. Letící kapky z ventilátoru prochází elektrostatickým polem mezi elektrodami a padají na porost. Kapky, které nedopadly na listovou stěnu jsou přitahovány k jiným elektrodám a stékají po nich do záchytného žlabu, odkud je kapalina přes filtry odčerpávána zpět do nádrže.



Obr. 2.8 Schéma postřikovače s elektrostatickým nabíjením kapek [3]



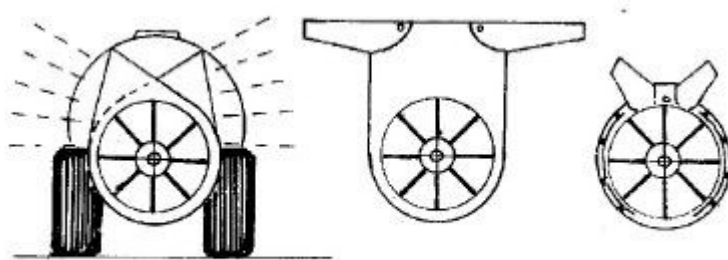
### 3. Základní části postřikovače

#### 3.1 Nosný rám

Rám je nosná, svařovaná konstrukce z různých profilů. K této části rosiče je upevněna zásobní nádrž, čerpadlo, ventilátor, rozvody kapaliny popřípadě náprava. Rám může mít různou konstrukci a tvar v závislosti na objemu a tvaru zásobní nádrže. Požadavkem rámu je, aby byl dostatečně tuhý a pevný. Nejčastěji se používá jako materiál rámu konstrukční ocel ošetřena ochranným nátěrem nebo žárově pozinkovaná, aby odolávala chemickým látkám.

#### 3.2 Ventilátor

Ventilátor je pevně připevněný na zadní části nosného rámu. Slouží k dokonalému postřikování stěny vinice a k profouknutí hustého porostu. Aplikovaná chemická látka je dodávána tryskami do vzduchového kanálu ventilátoru a proud vzduchu ji usměřňuje na obě strany. Usměřňovací clony jsou nastavitelné podle výšky porostu tak, aby nedocházelo k úletu kapaliny. Pro kvalitní ošetření vinice se uvádí potřebný výkon v rozmezí  $6\,000 - 20\,000\text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  vzduchu.



Obr. 3.1 Ventilátory s usměřňovacími klapkami [4]

### 3.3 Zásobní nádrž na chemický postřik

Zásobní nádrž na chemický postřik je velmi důležitou částí rosiče. Její objem se pohybuje od 100 do 2000 litrů. Nádrž je pevně upevněna k nosnému rámu rosiče aby nedošlo k pohybu nádrže. Plnicí otvor nádrže by měl být opatřen sítí proti vniknutí větších nečistot do nádrže. Nádoba by se měla po každém použití řádně vypláchnout. Moderní postřikovače jsou také vybaveny přídatnou nádrží na čistou vodu, která má objem zhruba 10% zásobní nádrže.

Materiál zásobní nádrže:

Nejčastěji používaným materiálem jsou plasty a lamináty.

- Plast – Ve srovnání s laminátovými nebo hliníkovými materiály je plast mnohem lehčí. Je odolný proti korozi a má vysokou chemickou odolnost. Velkou výhodou plastů je jednoduchá a levná oprava. Plasty mají vysokou tepelnou odolnost.
- Sklolaminát – Sklolaminát je kompozitní materiál, tvořený skleněnými vlákny a vytvrzenou umělou pryskyřicí. Je velmi odolný proti mechanickému a chemickému působení. Sklolaminát zajišťuje tvarovou stálost a nízkou hmotnost.



Obr. 3.2 Sklolaminátová nádrž [5]



Obr. 3.3 Plastová nádrž [5]

### 3.4 Čerpadlo

Čerpadlo tvoří základ postřikovače a aplikačního zařízení. Mezi nejpoužívanější čerpadla dnes patří membránová čerpadla se snadnou údržbou a výbornou odolností proti chemickým látkám a kapalným hnojivům. Dále se používají také čerpadla pístová a u menších strojů čerpadla odstředivá. Čerpadlo u postřikovačů slouží k dopravení kapaliny do trysek, pro naplnění nádrže vodou, pro míchání postřikové kapaliny a pro vyčištění stroje po dokončení práce.

- Pístové – Rotační pohyb pohonu je klikovým mechanismem převeden na vratný pohyb pístu. Při pohybu pístu do dolní úvratě se válec plní kapalinou a při zpětném pohybu do horní úvratě se otevře výtlačný ventil a kapalina je pístem vytlačena. Pístová čerpadla jsou náchylná na čistotu čerpané kapaliny.
- Membránová – Princip natlakování kapaliny je stejný jako u pístového. K nasátí a vytlačení kapaliny dochází však průhybem membrány. Výhodou membránových čerpadel jsou dobré samonasávací schopnosti, malá citlivost na přepravovanou tekutinu a možnost chodu na prázdko. Naopak nevýhodou je menší výkon než u pístových čerpadel a složitější konstrukce.



Obr. 3.4 Pístové čerpadlo [6]



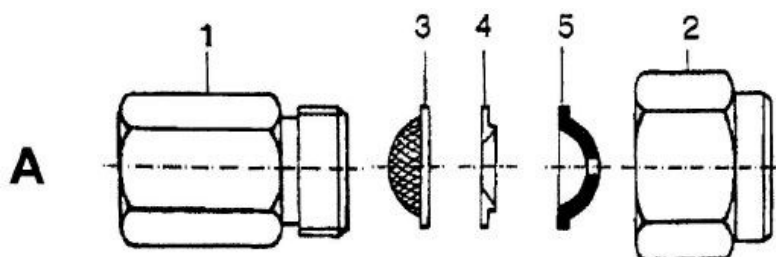
Obr. 3.5 Membránové čerpadlo [6]

### 3.5 Rozptylovače - trysky

Trysky jsou často nejdůležitější částí postřikovače a aplikačního zařízení. Mají největší vliv na přesnost a efektivnost aplikované látky. Na trhu jsou nejrůznější typy trysek pro různé rozsahy tlaku, různé průtoky a typy postřiků. Trysky jsou vyrobeny z takových materiálů, které jsou vysoce odolné proti abrazi. U postřikovačů jsou nejpoužívanější trysky tlakové a štěrbinové. Ale jsou vyvíjeny nové trysky pro kvalitnější stříkání a minimalizování úletu kapaliny, jako jsou např. pneumatické a injektorové trysky. Pod tryskou bývá umístěný filtr, který zabraňuje pevným částicím ucpání trysky. Filtry jsou vyrobeny z plastu nebo z jemného drátu.

Rozdělení trysek:

- **Podle materiálu:** plastové, keramické, mosazné, nerezové
- **Tvaru rozptylové plochy:** plný kužel, dutý kužel, plochý paprsek
- **Podle trysky:** tlakové, štěrbinové, injektorové, pneumatické
- **Podle držáku:** pro jednu trysku, pro více trysek



Obr. 3.6 Hlavní části rozptylovačů[4]

1- tělo, 2- převlečná matice, 3- filtr, 4- vířivá vložka, 5- destička trysky



Obr. 3.7 Tlaková a štěrbinová tryska [7]

### 3.6 Filtrace

Čistota postřikové kapaliny je velmi důležitá. Znečištěná vstupní kapalina nebo špatně rozmíchané práškové postřiky způsobují ucpávání trysek a následným čištěním trysek vznikají nežádoucí prostoje. Kapalina před přívodem do trysek projde přes několik filtru. Jako první projde přes koš v plnicím otvoru o světlosti 1mm, poté projde přes sací filtr před čerpadlem. Jako poslední projde tlakovým filtrem ve výtlaku čerpadla a sítkem v rozptylovači. Poslední dva filtry jsou výměnné.

### 3.7 Pohon čerpadla a ventilátoru

Pohon čerpadla a ventilátoru většinou zajišťuje vývodová hřídel od traktoru nebo hydromotor. Pomocí vývodové hřídele se přenáší točivý moment z traktoru na pohon mechanismů daných strojů. Vývodová hřídel má standardně otáčky  $540$  a  $1000 \text{ min}^{-1}$ . U postřikovačů se používají otáčky vývodové hřídele  $540 \text{ min}^{-1}$ . U otáček  $540 \text{ min}^{-1}$  je standardně používána šesti drážková hřídel o průměru 34,9 mm. Točivý moment z traktoru se přenáší na mechanismus pomocí kardanové hřídele.



Obr. 3.8 Kardanová hřídel [5]

## 4. Vlastní konstrukční návrh postřikovače

### 4.1 Návrh možných řešení (morfologická matice)

Morfologická matice porovnává možnosti konstrukčního řešení dané problematiky po jednotlivých částech, které jsou popsány a vyhodnoceny. Výsledkem je nejideálnější řešení dané problematiky.

číslo	Funkce	Funkční princip/orgánový nositel funkcí			
		1	2	3	4
1	Typ postřikovače	nesený	návěsný	samojízdný	tunelový
2	Objem nádrže	200 L	300 L	400 L	500 L
3	Materiál nádrže	hliník	nerez	plast	sklolaminát
4	Pohon čerpadla a ventilátoru	spalovací motor	elektromotor	malotraktor-vývodová hřídel	hydromotor
5	Povrchová úprava rámu	ochranný nátěr	pozinkování	cementový povlak	
6	Typ zavěšení	tříbodový závěs	tažná koule	zavěsné oko +čep	
7	Čerpadlo	membránové	pístové		
8	Aplikační ústrojí	rosící hubice	ventilátor	elektrostaticky nabitě kapky	

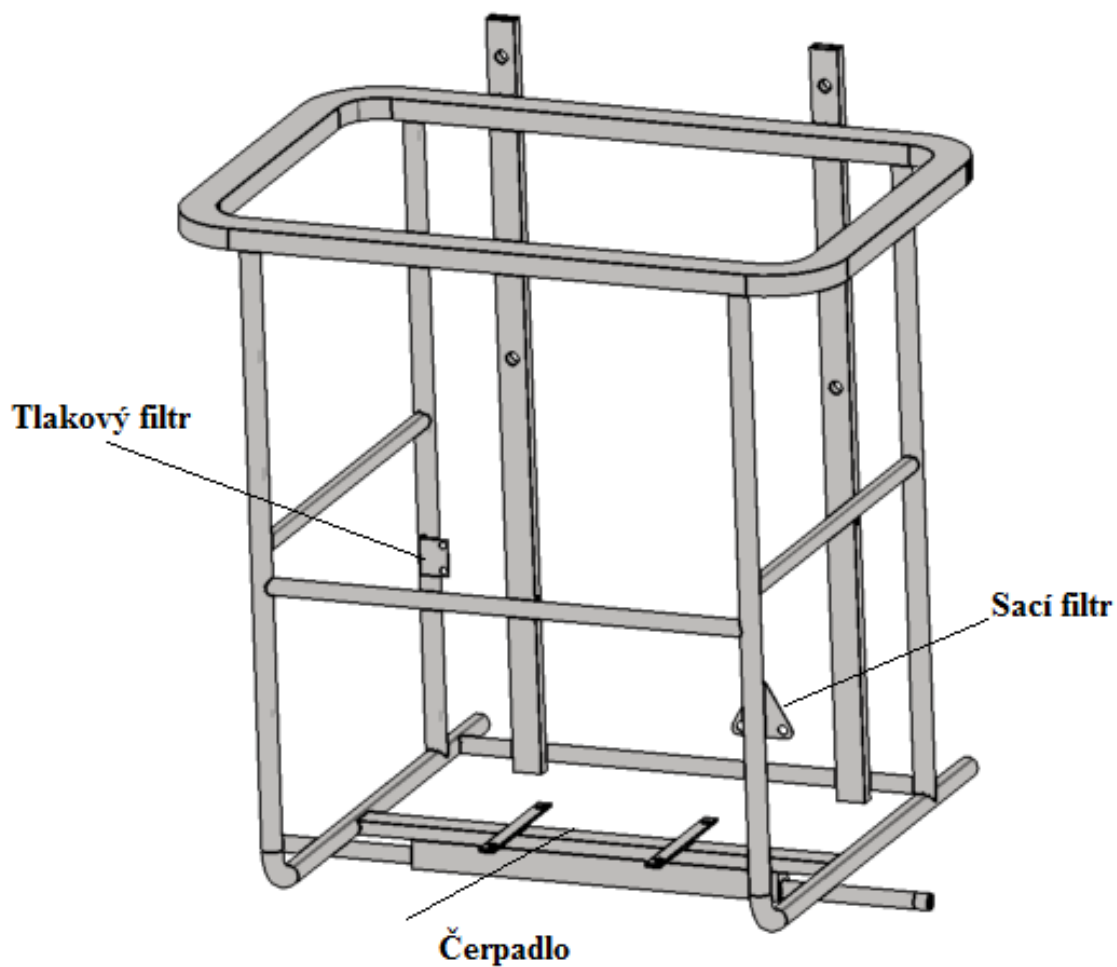
Tab. 1 Morfologická matice

číslo	Funkce	Varianta řešení
1	Typ postřikovače	Návěsný
2	Objem nádrže	300 L
3	Materiál nádrže	sklolaminát
4	Pohon čerpadla a ventilátoru	malotraktor-vývodová hřídel
5	Povrchová úprava rámu	ochranný nátěr
6	Typ zavěšení	zavěsné oko +čep
7	Čerpadlo	membránové
8	Aplikační ústrojí	ventilátor

Tab. 2 Zvolená varianta konstrukčního řešení

## 4.1 Nosný rám

Nosný rám je svařovaná konstrukce tvořená z různých profilů. Rám je opatřený ochranným nátěrem, který odolává chemickým postřikům. K rámu jsou přivařeny plechy, které slouží k upevnění čerpadla a filtrů k nosnému rámu.

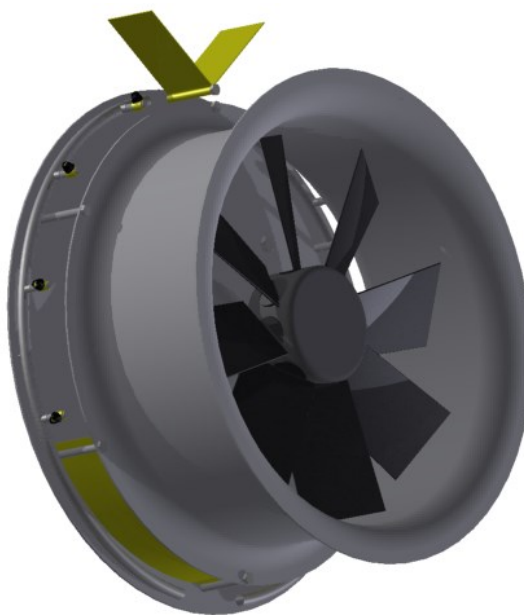


Obr. 4.1 Konstrukce nosného rámu

### 4.3 Návrh ventilátoru

Použil jsem ventilátor od firmy Caffini o průměru 850 mm. Regulace množství potřebného vzduchu je vyřešena naklápěním lopatek vrtule. Ventilátor je poháněn od vývodové hřídele traktoru. Vývodová hřídel má otáčky  $540 \text{ min}^{-1}$ .

Potřeba vzduchu od ventilátoru je velmi důležitá. Při nízkém výkonu dodaného vzduchu dochází k nedokonalému ošetření listové stěny a naopak velkým výkonem dochází k úletu kapaliny a k poškození listové stěny. Jako optimální výkon dodaného vzduchu pro optimální ošetření listové stěny se uvádí výkon v rozmezí  $6\,000 - 20\,000 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ .



Obr. 4.2 Ventilátor

#### 4.3.1 Výpočet minimální výkonnosti ventilátoru

Šířka sponu  $B = 2 \text{ m}$

výška porostu  $h_k = 2 \text{ m}$

pracovní rychlost  $v_p = 7 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$

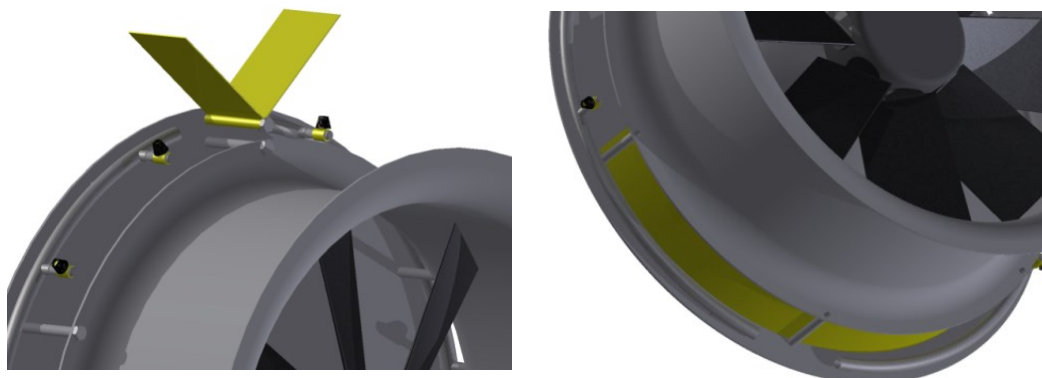
$$O_{vz} = \frac{v_p \cdot h_k \cdot B \cdot 1000}{4} = \frac{7 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 1000}{4} = 7000 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \quad [4] \quad (4.1)$$

Použil jsem ventilátor o výkonu  $10\,000 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  a správným přenastavením úhlu lopatek docílíme požadovaného výkonu ventilátoru.



### 4.3.2 Usměrnovací clony

Ventilátor je vybaven na horní části usměrnovacími clonami a na spodní části je navařen plech pro regulaci proudu vzduchu, aby nedocházelo k nežádoucímu úletu postřikové kapaliny.



Obr. 4.3 Usměrnovací clony

### 4.4 Zásobní nádrž

Zásobní nádrž má objem 300 L což je dávka zhruba na jeden hektar vinic. Jako materiál nádrže jsme zvolil sklolaminát, kvůli své mechanické a chemické odolnosti. Na nádrži je průhledná část se stupnicí, díky které bude míchání postřiků s kapalinou jednodušší. Vrchní otvor je opatřen košem s filtračním sítem, aby se do nádrže nedostaly při napouštění kapaliny nečistoty. Nádobu je zajištěna víkem se závitem, které má odvzdušňovací ventil, aby nedocházelo k podtlaku v nádobě.



Obr. 4.4 Zásobní nádrž

### 4.3 Návrh rozptylovačů- trysek

Postřikovač bude osazen celkem 8- mi tryskami pro optimální ošetření celé listové stěny. Na každé straně postřikovače budou umístěny 4 trysky, které budou upevněny v držácích pro trysky.

#### 4.3.1 Výpočet vhodných trysek

Šířka sponu  $B = 2\text{m}$

Dávka postřikové kapaliny  $Q = 350\text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$

Pracovní rychlost  $v_p = 7\text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$

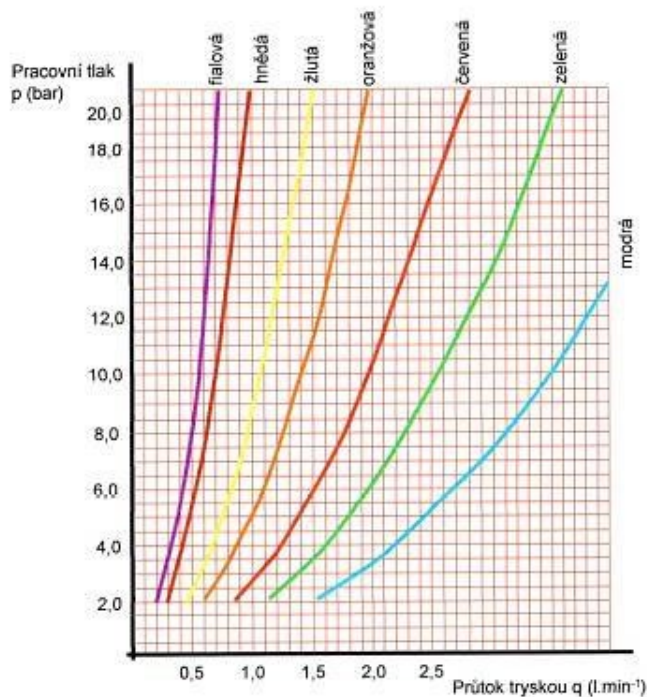
Počet trysek  $i = 8$

**Průtok jednou tryskou:**

$$q = \frac{Q \cdot v_p \cdot B}{i \cdot 600} = \frac{350 \cdot 7 \cdot 2}{8 \cdot 600} = 1,02\text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \quad [4] \quad (4.2)$$

**Celkový průtok všemi tryskami:**

$$q_c = 8 \cdot 1,02 = 8,16\text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \quad [4] \quad (4.3)$$



Obr. 4.5 Nomogram pro výběr trysek [4]

ATR 80°	průtok (l/min)									
	BÍLÁ	FIALOVÁ	HNĚDÁ	ŽLUTÁ	ORANŽOVÁ	ČERVENÁ	ŠEDÁ	ZELENÁ	ČERNÁ	MODRÁ
tlak (bar)										
5	0,27	0,36	0,48	0,73	0,99	1,38	1,50	1,78	2,00	2,45
6	0,29	0,39	0,52	0,80	1,08	1,51	1,63	1,94	2,18	2,67
7	0,32	0,42	0,56	0,86	1,17	1,62	1,76	2,09	2,35	2,87
8	0,34	0,45	0,60	0,92	1,24	1,73	1,87	2,22	2,50	3,06
9	0,36	0,48	0,64	0,97	1,32	1,83	1,98	2,35	2,64	3,24
10	0,38	0,50	0,67	1,03	1,39	1,92	2,08	2,47	2,78	3,40
11	0,39	0,52	0,70	1,07	1,45	2,01	2,17	2,58	2,90	3,56
12	0,41	0,55	0,73	1,12	1,51	2,09	2,26	2,69	3,03	3,71
13	0,43	0,57	0,76	1,17	1,57	2,17	2,35	2,79	3,14	3,85
14	0,44	0,59	0,79	1,21	1,63	2,25	2,43	2,89	3,26	3,99
15	0,46	0,61	0,81	1,25	1,69	2,33	2,51	2,99	3,36	4,12
16	0,47	0,63	0,84	1,29	1,74	2,40	2,59	3,08	3,47	4,25
17	0,48	0,64	0,86	1,33	1,79	2,47	2,67	3,17	3,57	4,37
18	0,50	0,66	0,89	1,37	1,84	2,54	2,74	3,25	3,67	4,49
19	0,51	0,68	0,91	1,40	1,89	2,60	2,81	3,34	3,76	4,61
20	0,52	0,70	0,93	1,44	1,94	2,67	2,88	3,42	3,85	4,72
21	0,54	0,71	0,95	1,48	1,99	2,73	2,95	3,50	3,94	4,84
22	0,55	0,73	0,98	1,51	2,03	2,79	3,01	3,57	4,03	4,94
23	0,56	0,74	1,00	1,54	2,07	2,85	3,07	3,65	4,12	5,05
24	0,57	0,76	1,02	1,58	2,12	2,91	3,14	3,72	4,20	5,15
25	0,58	0,77	1,04	1,61	2,16	2,97	3,20	3,80	4,28	5,25

Tab. 3 Průtok tryskou podle pracovního tlaku [7]

Podle obrázku Obr. 4.5 a tabulky č. 3 jsem vybral vhodnou trysku při pracovním tlaku 10 barů a průtoku jednou tryskou  $1,02 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ .

- ATR 80- žlutá, keramická, dutý kužel, úhel rozstříku 80°, doporučený tlak 3-25 bar

### 4.3.2 Návrh těla rozptylovače

Trysky budou vloženy do držáku pro trysky. Každá tryska bude osazena těsněním, vírníkem a filtrem aby nedocházelo k ucpávání trysek. Všechny trysky budou mít svůj uzavírací ventil, tak že při prvních jarních postřicích, když není listová stěna příliš vzrostlá, můžeme ošetřovat například jen dvěma tryskami a nebude docházet k úletu kapaliny.



Obr. 4.6 Držák trysky [5]



Obr. 4.7 Filtr miskový [5]

## 4.4 Čerpadlo

Pro dopravu postřikové kapaliny ze zásobní nádrže do trysek jsem zvolil speciální čerpadlo pro postřikovače, membránové čerpadlo od firmy Annovi Reverberi.

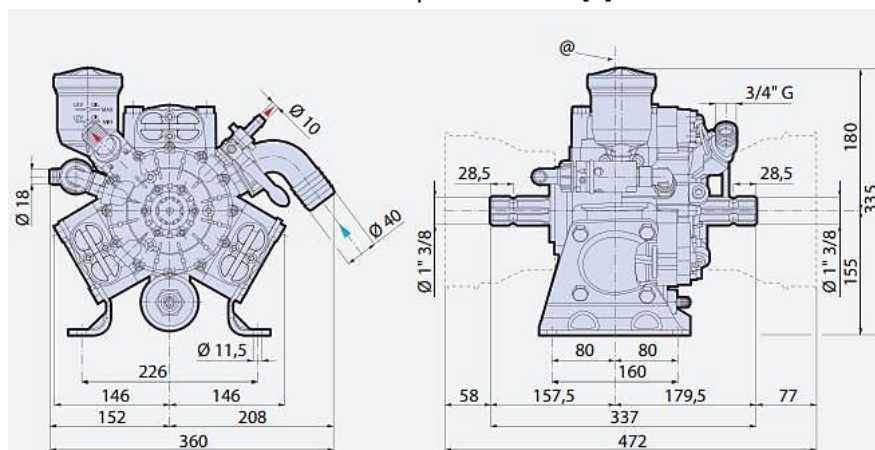
- Annovi Reverberi AR 713

Typ	AR 713
Průtok	76 l/min
Pracovní tlak	40 bar
Průměr sání	40 mm
Průměr výtlak	3/4" G
Otáčky čerpadla	540 ot/min
Vývod	hřídel 6 drážková
Hmotnost	20,5 kg

Tab. 4 Parametry čerpadla



Obr. 4.8 Čerpadlo AR 713 [6]



Obr. 4.9 Rozměry čerpadla [6]

## 4.5 Zavěšení za traktor

Jako zavěšení za traktor jsem zvolil návěsné oko o průměru 30 mm. Návěsné oko bude zajištěno čepem se závlačkou. Návěsné oko je přivařeno k oji, které je přivařeno k nosnému rámu postřikovače. Oje je umístěno 700 mm od země, což je optimální výška pro zavěšení za malotraktor.



Obr. 4.10 Návěsné oko

## 4.6 Regulace kapaliny

Jako regulaci kapalin byl použit regulační ventil značky Annovi reverberi. Tento ventil je vhodný pro čerpadla s maximálním výkonem 130 l/min a maximální tlak 50 barů. Regulační ventil obsahuje ovládací armaturu s ventilem pro regulaci provozního tlaku, páku pro obtok a glycerinový manometr. Ventil obsahuje dvě přípojky s uzavíracím ventilem pro řízení levé a pravé strany trysek.



Obr. 4.11 Regulační ventil [5]

## 4.7 Filtrace kapaliny

Pro filtraci kapaliny jsem zvolil 3 stupňovou filtraci. Jako první bude umístěn filtrační koš do plnicího otvoru nádrže. Ten by měl zachytit větší nečistoty. Jako druhý stupeň filtrace je sací filtr, který je umístěn mezi nádrží a membránovým čerpadlem. Tento filtr zamezuje přístup do čerpadla špatně rozmíchaným práškovým chemikálií. Třetí stupeň filtrace je tlakový filtr, který kapalinu zbaví zbytkových nečistot. Je umístěn mezi čerpadlem a regulačním ventilem.

- košíkový filtr – průměr 300 mm
- sací filtr – materiál pouzdra polypropylen, průtok 60-100 L/min
- vysokotlaký filtr – pouzdro z nylonu zesílené skelnými vlákny, max. průtok 150 l/min, max. pracovní tlak 50 barů, závit 2x1/2“ a 2x3/4“



Obr. 4.12 Filtrace (košíkový filtr, sací filtr, tlakový filtr) [5]



## 4.8 Návrh kol

Pneumatika je spojovací částí mezi terénem a daným přístrojem. Přenáší hmotnost přístroje do půdy. Současně pneumatiky slouží jako odpružení. Doporučený tlak v pneumatikách při ošetřování porostu je 0,12 MPa. Opakovaným průjezdem meziřadím dochází ke zhutňování půdy, a proto volím pneumatiky se širším vzorkem pneumatiky.

Zvolil jsem kolo, které je opatřeno nábojem s uložením válečkového ložiska. Pneumatiky musí zvládat vysoké zatížení při plné zásobní nádrži. Maximální rychlosti malotraktorů se pohybují mezi 15-20 km/h.

Průměr kol	405 mm
Šířka kola	160 mm
Průměr náboje	25 mm
Délka náboje	75 mm
Uložení	válečkové ložisko
Zatížení kol	600 kg
Rychlost	20 km/h

Tab. 5 Parametry kola



Obr. 4.13 Kolo s nábojem

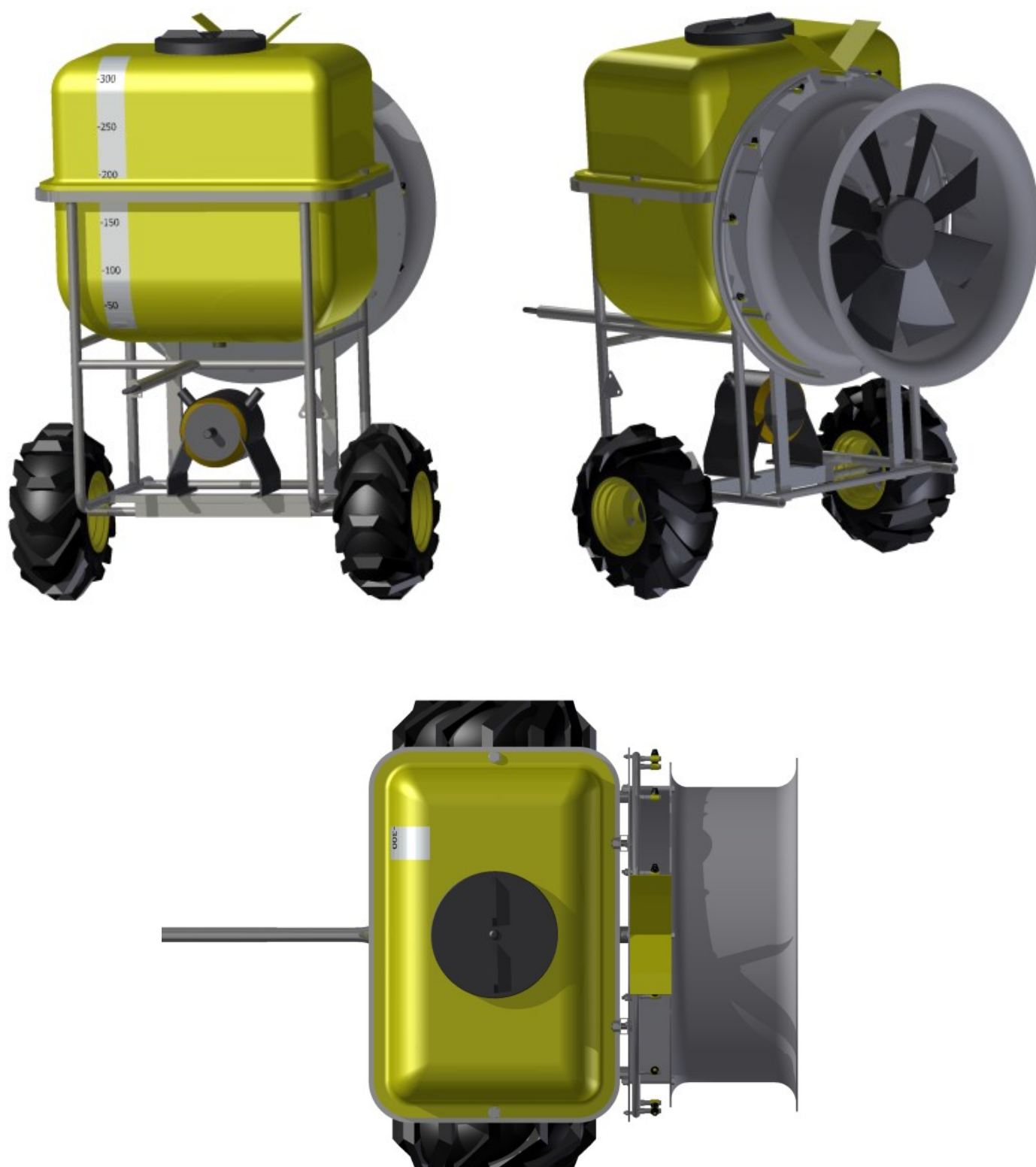
## 4.9 Bezpečnostní zásady při práci s postřikovačem

Pro správnou funkčnost postřikovače a bezpečnost práce je důležité dodržovat následující zásady:

- Při použití malotraktoru bez kabiny je nutné použít ochranné pomůcky, jako jsou ochranné brýle, respirátor a ochranný oblek aby nedošlo ke kontaktu chemické kapaliny s člověkem
- Nepracovat s postřikovačem za špatných povětrnostních podmínek
- Chemické přípravky se musejí používat jen v určených dávkách a koncentracích
- Připravit jen takové množství kapaliny, které se spotřebuje do jednoho dne
- Zbytek postřikových kapalin a přípravků se nesmějí vypouštět v blízkosti studní, vodních toků a nádrží
- Zbytek postřikové kapaliny asanovat nebo zničit
- Během práce s postřikovačem je zakázáno jíst, pít a kouřit
- Po dokončení práce postřikovač řádně vypláchnout čistou vodou a vypustit zásobní nádrž



## 4.10 Celkový 3D návrh postřikovače



Obr. 4.14 3D návrh postřikovače

## 5. Simulace zatížení nosného rámu

Pro kontrolu deformací a napětí nosného rámu jsem provedl analýzu modelu pomocí metody konečných prvků. Tuto analýzu jsem provedl v systémovém prostředí pevnostní analýzy, která je součástí programu Autodesk Inventor Professional 2015.

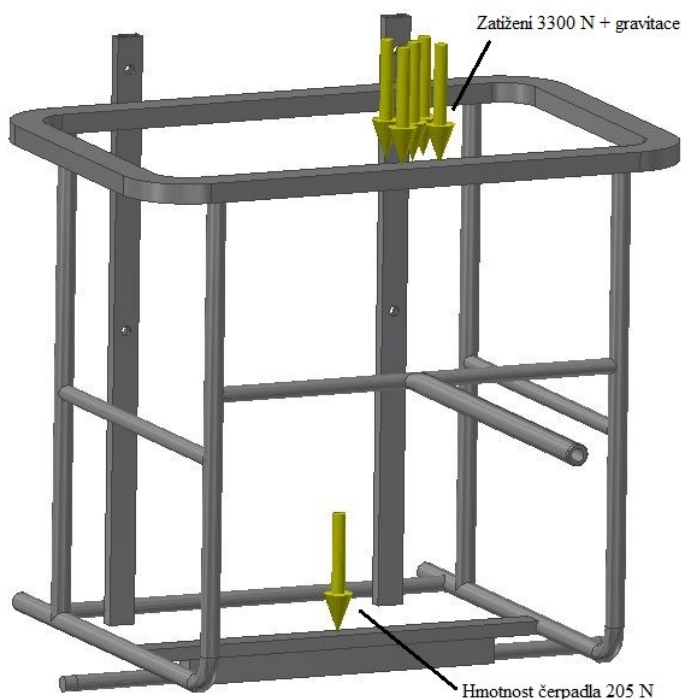
Pro výpočet bylo potřeba zadat okrajové podmínky. Jako první jsem zadal materiál nosného rámu a dotyky. Jelikož se jedná o svařovanou konstrukci, jsou všechny dotyky vázané. Dále jsem zadal velikost a umístění zatěžující síly. Jedno zatížení bylo zadáno jako rovnoměrný tlak po obvodu horní části nosné konstrukce, který udává objem zásobní nádrže a hmotnost zásobní nádrže  $330\text{ kg} \rightarrow F = 3300\text{ N}$ . Zahrnout musíme i hmotnost čerpadla  $20,5\text{ kg} \rightarrow F = 205\text{ N}$ . Nosný rám má nezanedbatelné rozměry a proto byl zadán ještě směr orientace gravitace. Výsledky analýzy jsou vyobrazeny na obrázcích. Minimální součinitel bezpečnosti byl určen  $k_{min} = 1,9$ .

### Výpočet tlaku:

Síla –  $F = 3300\text{ N}$

Plocha –  $S = 134361,945\text{ mm}^2$

$$P = \frac{F}{S} = \frac{3300}{134361,945} = 0,0246\text{ MPa} \quad (4.4)$$



Obr. 5.1 Zadané zatížení

## 5.1 Výsledky pevnostní analýzy

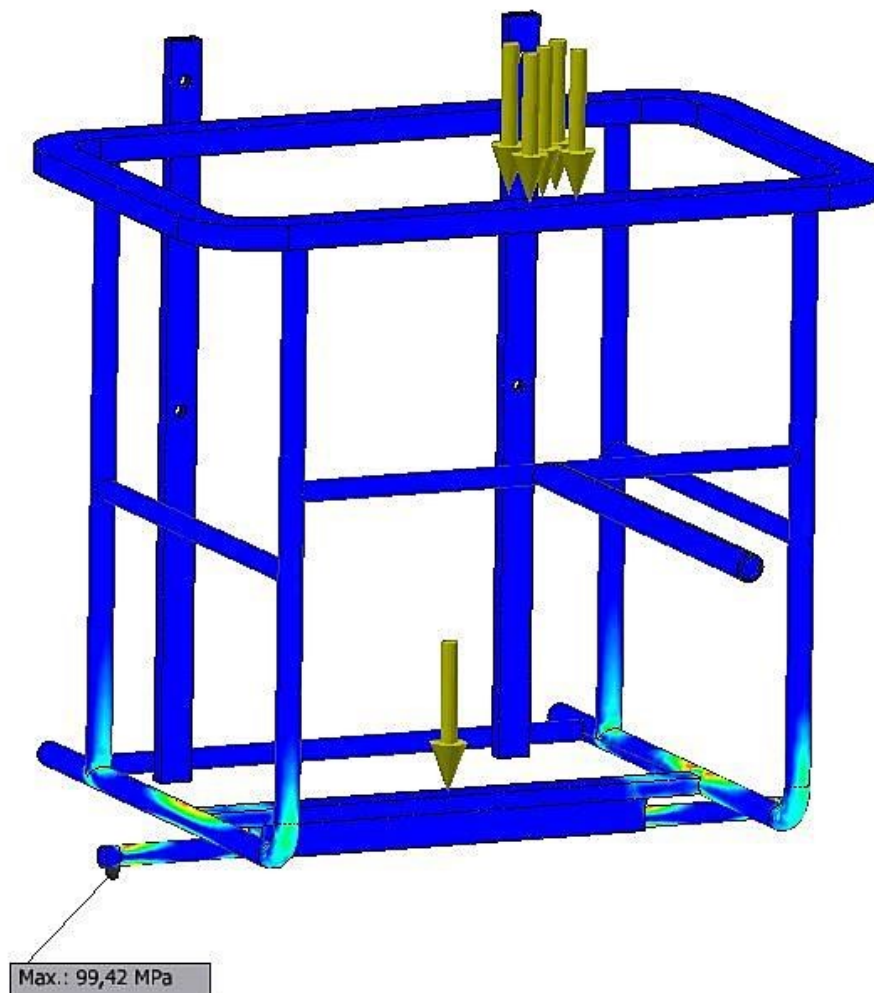
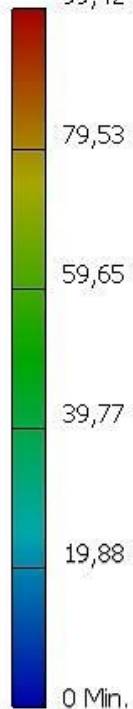
### a) Napětí Von Mises

Typ: Napětí Von Mises

Jednotka: MPa

15.5.2015, 13:31:16

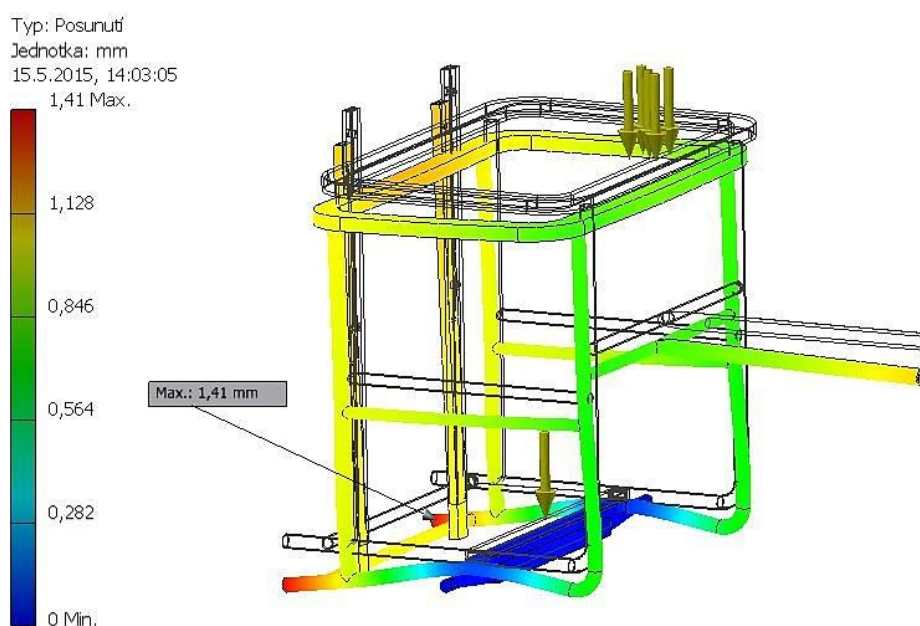
99,42 Max.



Obr. 5.2 Pevnostní analýza – napětí Von Mises

Z Obr. 5.2 je patrné, že nejvyšší naměřené napětí Von Mises je  $\sigma = 99,42 \text{ MPa}$ . Tato hodnota se nachází oblasti, kde je hřídel spojena s kolem. Hřídel je z materiálu 11 523, která má hodnotu meze kluzu  $R_e = 333 \text{ MPa}$ . Jak vidíme, tyto hodnoty jsou v pořádku.

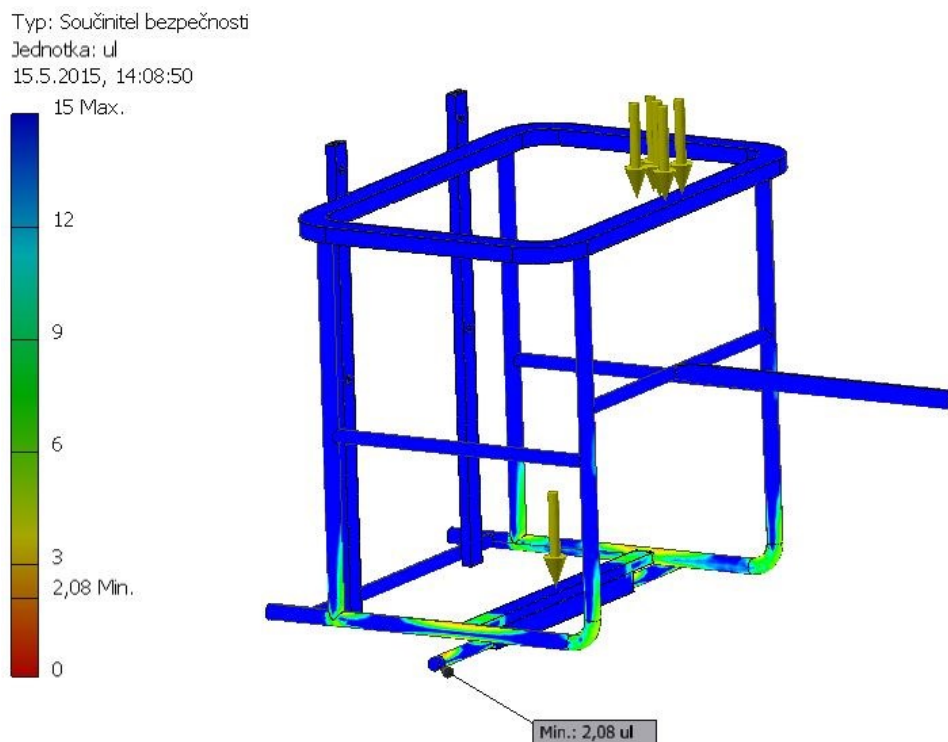
## b) Posunutí



Obr. 5.3 Pevnostní analýza – posunutí

Jak vidíme z Obr. 5.3, maximální naměřená hodnota posunutí se nachází na zadní části rámu a má hodnotu 1,41 mm. Tato výsledná hodnota posunutí v poměru s rozměry nosného rámu je v normálu.

## a) Součinitel bezpečnosti



Obr. 5.4 Pevnostní analýza – Součinitel bezpečnosti

Z analýzy na součinitel bezpečnosti vidíme, že minimální hodnota je  $k=2,08$  v místě spojení hřídele s kolem. V porovnání s minimální dovolenou hodnotou  $k_{min} = 1,9$  zjistíme, že konstrukce nosného rámu na bezpečnost vyhovuje.

## 6. Závěr

Bakalářská práce se zabývala konstrukčním návrhem postřikovače za malotraktor do vinic. Konstrukce byla zaměřena pro menší vinaře, kteří vlastní vinice o rozloze jednoho hektaru a šířkou sponu 2 – 3 metry. Záměrem konstrukce bylo ulehčení namáhavé fyzické práce člověka a rychlost zásahu, která je při výskytu plísni a škůdců na vinici nesmírně důležitá. V práci byla vypracována rešerše dané problematiky a rozbor jednotlivých částí postřikovače. Pomocí morfologické matice bylo zvoleno nejvýhodnější konstrukční provedení postřikovače. Dále je v práci zpracován samotný konstrukční návrh po jednotlivých částech postřikovače. Pomocí pevnostní analýzy metodou konečných prvků byla zkontrolována nosná konstrukce na napětí von Mises, posunutí a součinitel bezpečnosti. Výsledky analýzy byli vyhovující. Práce obsahuje i bezpečnostní zásady při práci s postřikovačem ve vinici.

V příloze je vypracována výkresová dokumentace jednotlivých dílů nosného rámu a výkres svařence.

## 7. Literatura

### Knihy a příručky:

- [1] LEINVEBER, J., VÁVRA, P.: *Strojnické tabulky*. Albra - Pedagogické nakladatelství, Úvaly, 2003., ISBN 80-86490-74-2.
- [2] KALÁB, K.: *Části a mechanismy strojů pro bakaláře. Části pohonů strojů*. 1.vyd. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2008, 130s., ISBN 978-80-248-1860-3.
- [3] ZEMÁNEK, P., Burg, P.: *Vinohradnická mechanizace*. 1. vyd., Olomouc, Petr Baštan, 200 s., ISBN 978-80-87091-14-2
- [4] ZEMÁNEK, P., Burg, P.: *Vinohradnická mechanizace-Stroje pro chemickou ochranu révy vinné*, 1 vyd., 68 s., 2010, Richard Stávek, ISBN 978-80-904511-0-0

### Internet:

- [5] Prodejce náhradních dílů. <http://kramp.com/> [online]. [cit. 2015-05-05]. Dostupné z : <http://www.kramp.com/shop-cz/cs/799524/Postřikovače+a+rosiče>
- [6] AKP spol. s r.o prodejce strojů pro aplikaci chemických přípravků. <http://akp.cz/> [online]. [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: <http://www.akp.cz/rosice-do-vinic-a-sadu/>
- [7] AGS Agro sortiment. <http://svetpostrikovacuz.cz/> [online]. [cit. 2015-05-10]. Dostupné z: <http://www.svetpostrikovacuz.cz/cz/e-shop/c38645/rosice-traktorove.html/>

## 8. Seznam obrázků, tabulek a rovnic

### Obrázky

Obr. 2.1 Motorový zádový postřikovač [4]

Obr. 2.2 Nesený traktorový postřikovač [4]

Obr. 2.3 Návěsný traktorový postřikovač [4]

Obr. 2.4 Samojízdný postřikovač [4]

Obr. 2.5 Samojízdný vedený postřikovač na pásovém podvozku [4]

Obr. 2.6 Multifunkční postřikovač s adaptérem pro chemickou ochranu [4]

Obr. 2.7 Schéma tunelového postřikovače [3]

Obr. 2.8 Schéma postřikovače s elektrostatickým nabíjením kapek [3]

Obr. 3.1 Ventilátory s usměrňovacími klapkami [4]

Obr. 3.2 Sklolaminátová nádrž [5]

Obr. 3.3 Plastová nádrž [5]

Obr. 3.4 Pístové čerpadlo [6]

Obr. 3.5 Membránové čerpadlo [6]

Obr. 3.6 Hlavní části rozptylovačů [4]

Obr. 3.7 Tlaková a štěrbinová tryska [7]

Obr. 3.8 Kardanová hřídel [5]

Obr. 4.1 Konstrukce nosného rámu

Obr. 4.2 Ventilátor

Obr. 4.3 Usměrňovací clony

Obr. 4.4 Zásobní nádrž

Obr. 4.5 Nomogram pro výběr trysek [4]

Obr. 4.6 Držák trysky [5]

Obr. 4.7 Filtr miskový [5]

Obr. 4.8 Čerpadlo AR 713 [6]

Obr. 4.9 Rozměry čerpadla [6]

Obr. 4.10 Návěsné oko

Obr. 4.11 Regulační ventil [5]

Obr. 4.12 Filtrace (košíkový filtr, sací filtr, tlakový filtr) [5]

Obr. 4.13 Kolo s nábojem

Obr. 4.14 3D návrh postřikovače

Obr. 5.1 Zadané zatížení

Obr. 5.2 Pevnostní analýza – napětí Von Mises

Obr. 5.3 Pevnostní analýza – posunutí

Obr. 5.4 Pevnostní analýza – Součinitel bezpečnosti

### **Tabulky:**

Tab. 1 Morfologická matice

Tab. 2 Zvolená varianta konstrukčního řešení

Tab. 3 Průtok tryskou podle pracovního tlaku [7]

Tab. 4 Parametry čerpadla

Tab. 5 Parametry kola

### **Rovnice:**

(4.1) Určení potřeby vzduchu od ventilátoru [4]

(4.2) Průtok jednou tryskou [4]

(4.3) Průtok všemi tryskami [4]

(4.4) Výpočet tlaku



## **9. Seznam příloh**

Výrobní výkres 1 – Trubka rámu 1

Výrobní výkres 2 - Trubka rámu 2

Výrobní výkres 3 - Trubka rámu 3

Výrobní výkres 4 - Trubka rámu 4

Výrobní výkres 5 - Obdélníkový profil 1

Výrobní výkres 6 - Obdélníkový profil 2

Výrobní výkres 7 – Obdélníkový profil 3

Výrobní výkres 8 – Obdélníkový profil 4

Sestavný výkres 1 – Nosný rám